SUITE DES LOGICIELS MATLAB POUR LE CALCUL DES PARAMETRES DU CIRCUITS DE MICRO-ONDES

Ştefan CANTARAGIU[1]

Abstrait. *Le présent article est le troisième d'une série de trois articles publiés dans cette revue et qui fournit une brève présentation du livre « Microunde – soluții numerice » écrit par le même auteur. En se basant sur les méthodes et les algorithmes discutés dans le livre mentionné ci-dessus, le présent article présente un ensemble de programmes utilisant l'environnement de développement intégré Matlab qui sont conçus pour calculer certains paramètres des distributions de champ électromagnétique. De plus, cet article présente, à titre d'exemple, quelques applications concrètes afin d'illustrer comment utiliser l'ensemble de programmes. Les simulations de programmes mettent en évidence les valeurs des paramètres et leur représentation graphique.*

Mots clés: micro-ondes, coefficients de réflexion, cercles caractéristiques, stabilité du circuit, régime de bruit minimum.

DOI 10.56082/annalsarsciinfo.2024.2.40

I. Introduction

La suite des logiciels développés comprend des différents programmes de calcul auxquels l'utilisateur a accès à partir d'une interface graphique commune.

Cette suite de logiciels porte le nom générique de «Microwave Solutions» (version 1.0). Une illustration de la fenêtre principale est donnée sur la figure 1.

Afin de permettre une utilisation facile des logiciels, la structure montrée sur la figure 1 est commune pour toutes les sous-applications comprises. Ainsi, la zone gauche est réservée pour afficher certaines informations et pour la représentation graphique des résultats.

La zone située dans la partie droite de la fenêtre permet l'accès de l'utilisateur aux sous-applications (commandes) de chaque fenêtre.

A présent, l'application permet de lancer les sous-programmes suivants:

1. Création (calcul) d'un ensemble de paramètres S pour un transistor;
2. Calcul des coefficients de réflexion pour un transistor en charge;

[1]Chercheur principal, membre correspondant de l'Académie des scientifiques roumains

3. Calcul des cercles caractéristiques pour un transistor en charge;
4. Calcul de la stabilité d'un transistor en charge;
5. Calcul du régime de bruit minimal et du circuit d'adaptation;



Figure 1 La fenêtre principale du logiciel Microwave Solutions

Quelques applications concrètes sont présentées à titre d'exemples, afin de montrer la manière d'utilisation des logiciels.

II. Installation du logiciel

Le logiciel « Microwave Solutions » est programmé et compilé sous l'une des versions de l'environnement de Matlab. Sa version distribuable comprend deux fichiers exécutables et plusieurs fichiers de données (archive du logiciel et images). Parce que le logiciel est présenté en forme compilée (exécutable), il peut être installé et utilisé sur des machines qui ne disposent pas d'une installation du Matlab. Néanmoins, la bibliothèque des fonctions Matlab (« run-time ») doit être installée apriori. Cette bibliothèque est fournie avec le logiciel « Microwave Solutions ». Toutes les étapes décrites dans ce chapitre nécessite la présence du système d'exploitation Windows.

Donc, l'installation du logiciel « Microwave Solutions » comporte trois étapes:

- Transfert des fichiers d'installation sur le support de stockage local (SSD/HDD).

Au cours de cette étape, le programme stocké dans le cloud est accessible à l'adresse https://github.com/scantaragiu/Microwave_book.git, d'où les fichiers stockés dans le référentiel (repository) "Microwave_book" sont copiés et téléchargés sur le support de stockage local. Ce référentiel contient tous les fichiers nécessaires pour installer et exécuter le programme.

Pour télécharger les fichiers, cliquez sur le bouton *Code* et choisissez l'option *Download ZIP*. Après avoir téléchargé avec succès l'archive, elle se décompressera dans le répertoire où vous souhaitez installer l'application à partir de votre stockage local.

- Installation de la bibliothèque run-time (Matlab Component Runtime ou MCR).

Celle-ci contient toutes les fonctions appelables par le logiciel « Microwave Solutions » telles que les fonctions d'interface graphique Windows, les fonctions internes de Matlab, les librairies de calcul mathématique complexe etc. Le programme d'installation s'appelle « MCRInstaller.exe ». Lancez ce programme et suivez les instructions sur l'écran. Cela installera la bibliothèque MCR à l'emplacement de votre choix. Cette étape utilisera environ 200 MB d'espace libre sur votre support de stockage local.

- Installation effective du logiciel « Microwave Solutions ».

Lancez en exécution le fichier « start.exe », copié sur le support de stockage local comme montré dans les étapes précédentes. Au premier lancement, il va extraire du fichier archive de l'application « start.ctf » les fichiers-logiciels de l'application. Cette procédure ne sera pas répétée aux lancements ultérieurs du logiciel, qui seront, donc, plus rapides.

Après avoir effectuée l'installation du logiciel « Microwave Solutions », chaque démarrage sera effectué par le lancement en exécution du fichier « start.exe ». Il est recommandé de créer une icône dans/sur le bureau, ce qui facilite le lancement de cette application.

Suite à cette opération, la fenêtre illustrée sur la figure 8.1 sera affichée.

III. Calcul des paramètres S du transistor

La première commande accessible à partir du menu situé dans la partie droite de l'écran principal est celle qui permet de calculer l'ensemble des paramètres S à partir de la structure physique d'un transistor.

La caractérisation des éléments de circuit dans la gamme des micro-ondes est effectuée notamment par l'intermédiaire de ces paramètres.

Une fois lancée, cette sous-application fait ouvrir une nouvelle fenêtre de travail, dont l'aspect initial est montré sur la figure 2.

Une nouvelle ensemble de paramètres de type S peut être générée en choisissant la commande „Create new set". Une fenêtre secondaire, qui permet de fournir les valeurs des éléments structuraux du transistor s'ouvre. Ensuite, une autre fenêtre permet d'introduire le domaine du calcul des paramètres S (la plage de fréquences).

Une fois les paramètres S calculés, il est possible de les afficher en représentation cartésienne ou polaire, ou de les sauvegarder.

Cette étape est nécessaire si leur utilisation future est souhaitée. Une commande permet aussi de charger un ensemble des paramètres antérieurement sauvegardé et, ensuite, de le représenter graphiquement.

La figure 3 montre la représentation graphique des paramètres S du transistor HP-ATF 10236a.

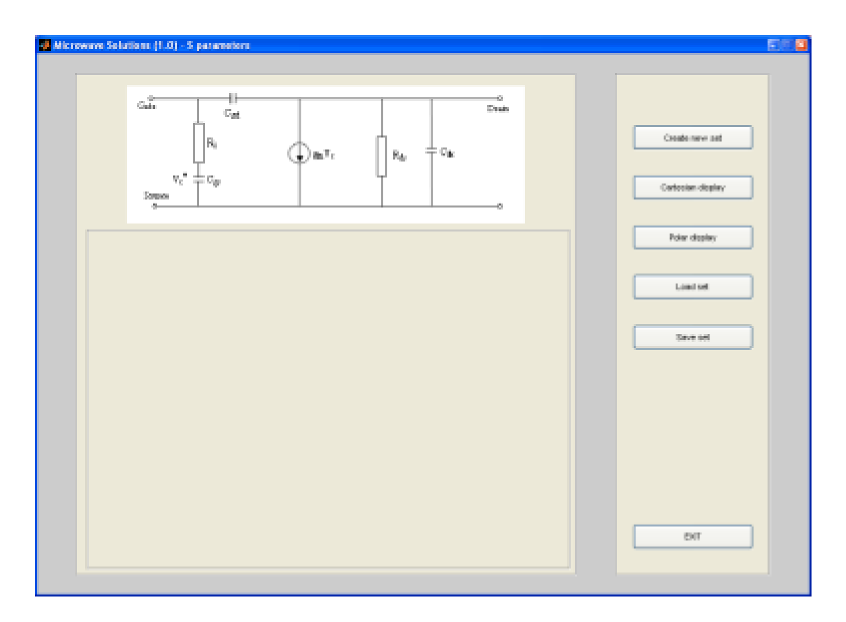


Figure 2 Vue initiale de la fenêtre pour le calcul des paramètres S

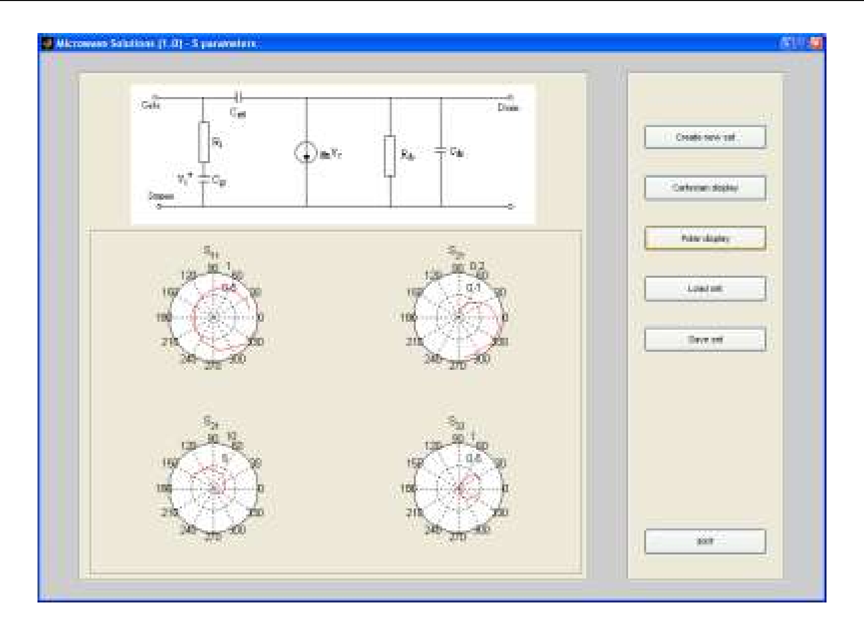


Figure 3 Représentation graphique des paramètres S du transistor HP-ATF 10236a

IV. Calcul des coefficients de réflexion

Ces coefficients sont caractéristiques pour un transistor en charge, mesurant le dégrée d'adaptabilité qui existe à chacune des deux portes d'entrée du transistor. Afin de calculer leurs valeurs, il est nécessaire de connaître les paramètres S du transistor et les valeurs des impédances.

La porte d'entrée du transistor est couplée à la source et la porte de sortie à la charge. Pour un ensemble donné des paramètres S, les plages de variation (en magnitude et en phase) des valeurs des impédances complexes de la source et de la charge sont introduites par l'intermédiaire de l'interface graphique.

Ainsi, les étapes à parcourir pour représenter les coefficients de réflexion du transistor sont:

- lancer la sous-application « Calcul des coefficients de réflexion »;
- charger l'ensemble de paramètres S pour le transistor et la plage de fréquences souhaités;
- introduire les données externes (amplitude et phase de la source et de la charge);
- utiliser les fonctions d'affichage des coefficients de réflexion à la porte d'entrée et à la porte de sortie du transistor;
- sauvegarder, éventuellement, les données ainsi calculées.

La sous-application permet aussi de charger un ensemble particulier de coefficients de réflexion antérieurement calculées, afin d'effectuer leur affichage. La figure 4 présente la manière d'affichage des coefficients de réflexion pour le transistor HP-ATF 10236a à la porte d'entrée.

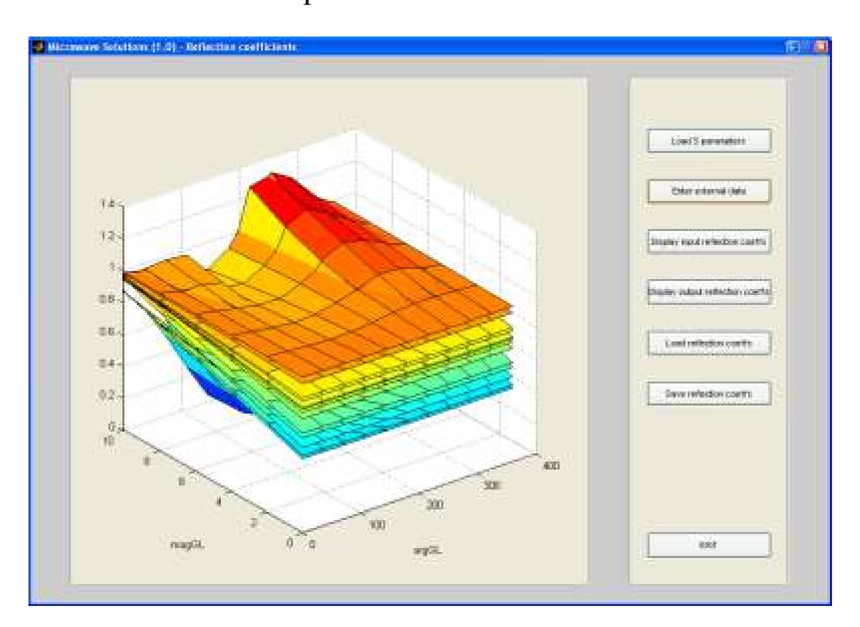


Figure 4 Coefficients de réflexion pour le transistor HP-ATF 10236a

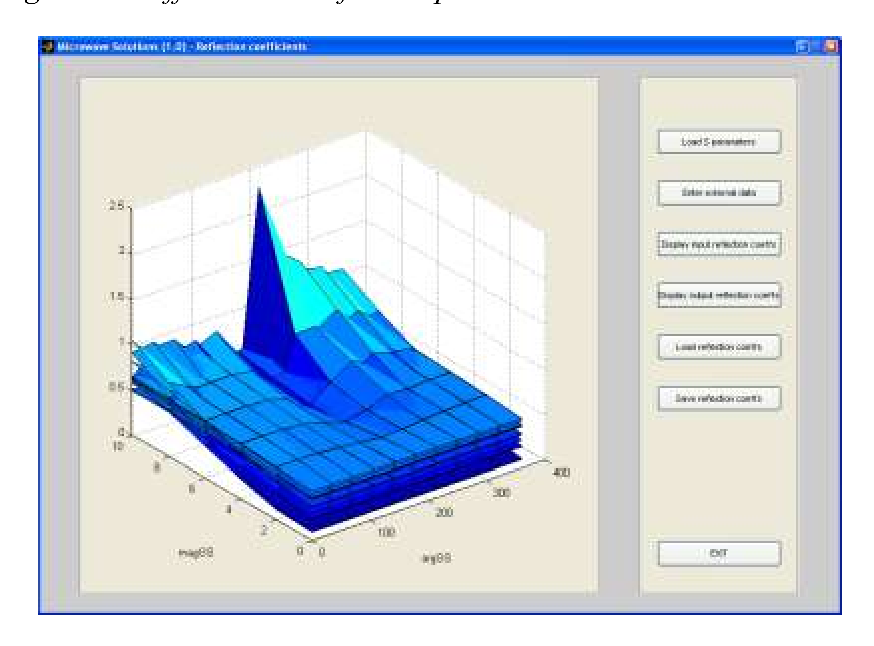


Figure 5 Les coefficients de réflexion (amplitude) pour le transistor HP-ATF 10236a

De manière similaire, les coefficients de réflexion à la porte de sortie sont représentés sur la figure 5.

V. Représentation des cercles caractéristiques du transistor

Les zones de stabilité et de régime de bruit (cercles de stabilité et de bruit constant) sont représentées par l'intermédiaire de la sous-application « Cercles caractéristiques ».

Ce programme nécessite les paramètres S et les paramètres de bruit du transistor et permet de représenter les paramètres de bruit et de tracer les cercles de bruit et de stabilité à une fréquence prédéfinie (parmi lesquelles les paramètres S sont connus). En addition, la même sous-application permet de tracer les cercles de gain constant du transistor.

Un exemple d'application, pour le transistor HP-ATF 10236a, est présenté sur la figure 6 qui montre les cercles de stabilité du transistor à la fréquence de 4 GHz.

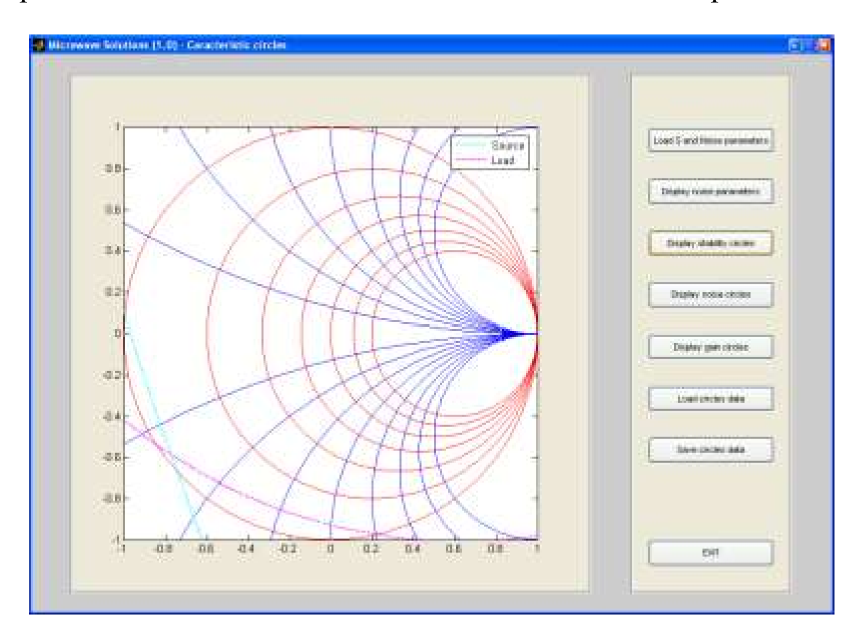
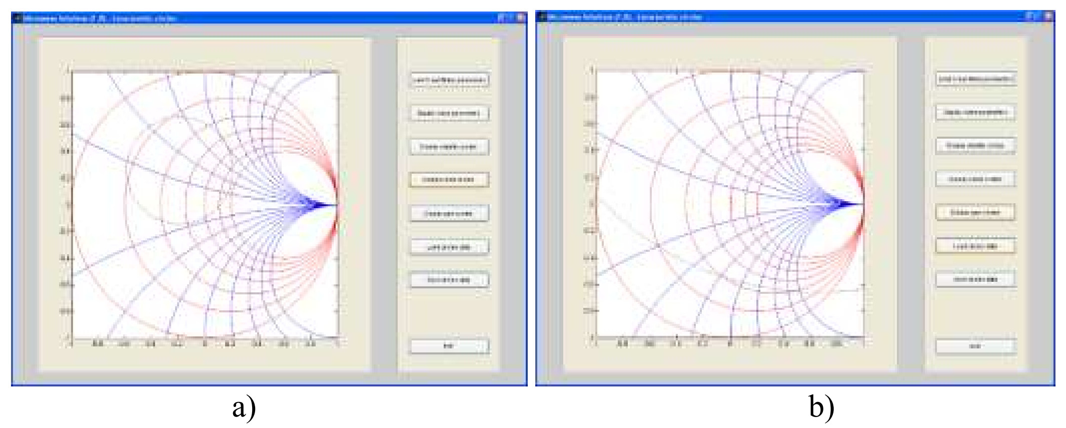


Figure 6 Les cercles de stabilité du transistor HP-ATF 10236a à la fréquence de 4 GHz.

De la même manière, la figure 7 montre le cercle de bruit constant à la même fréquence et le cercle de gain constant. Comme toutes les autres sous-applications, il est possible d'enregistrer et de charger un certain ensemble de paramètres (prédéfini) pour effectuer l'affichage.



a) b)

Figure 7 Modalités d'affichage des cercles de bruit constant (a) et de gain constant (b) pour le transistor HP-ATF 10236a à la fréquence de 4 GHz

VI. Etude de la stabilité du transistor

Cette étude peut être réalisé par l'intermédiaire de la sous-application « Stabilité du transistor ». Il est nécessaire de fournir les paramètres S qui caractérisent le transistor et la plage des impédances pour lesquelles la stabilité est étudiée. En utilisant ensuite les boutons de commande disponibles dans la fenêtre de la sous-application, il est possible d'afficher les valeurs du coefficient de stabilité et du gain unilatéral. A titre d'exemple, la figure 8 montre, pour le transistor HP-ATF 10236a, la modalité d'affichage du coefficient de stabilité pour des impédances entre 100 et 200 Ohm et du gain unilatéral du transistor.

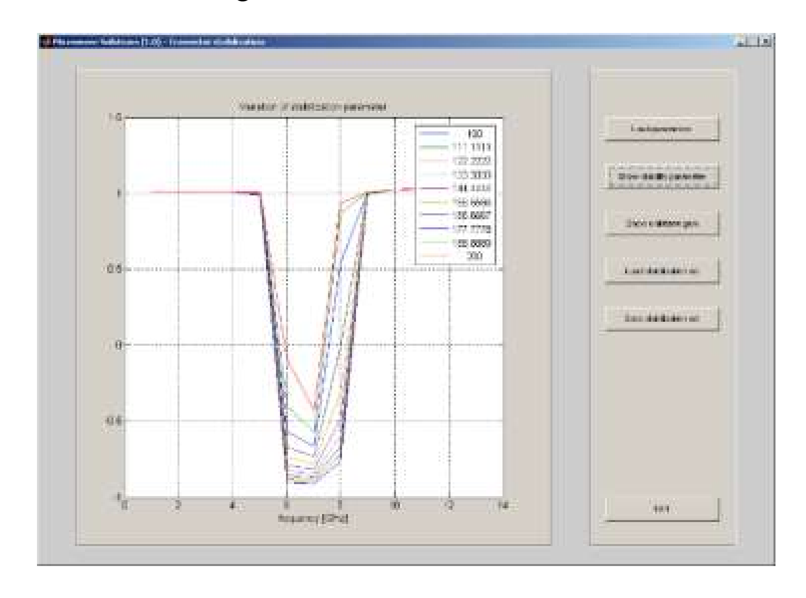


Figure 8.a Affichage du paramètre de stabilité transistor HP-ATF

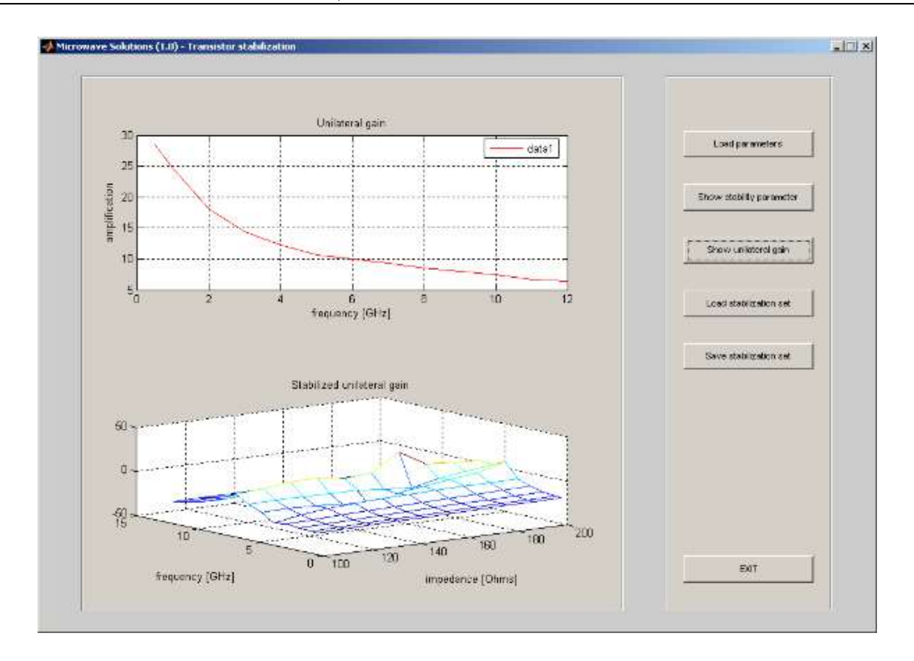


Figure 8.b Affichage du gain unilatéral du transistor HP-ATF 10236a

Bien sûr, il y a aussi la possibilité d'enregistrer les valeurs calculées et de charger un ensemble de données au but de son affichage.

VII. Le régime de bruit minimal

Le logiciel de calcul du régime de bruit minimal est une sous-application interactive. Il est nécessaire de charger les cercles de stabilité du transistor (dont le calcul peut être effectué aussi en utilisant l'interface graphique) et les autres paramètres du transistor. Il est ensuite possible d'afficher immédiatement, de manière graphique, le facteur de bruit du transistor et le cercle de bruit minimal (voir la figure 9).

Cette sous-application offre une procédure interactive pour calculer un circuit d'adaptation du transistor, qui assure le régime de bruit minimal. Ainsi, la commande « Calculer le circuit d'adaptation » permet de tracer les admittances normalisées à l'entrée et à la sortie du transistor, pour une charge de valeur complexe donnée. En utilisant le curseur de la souris, la sélection des points de valeur unitaire (correspondants aux nuls des graphiques) pour le circuit d'entrée et pour celui de sortie est possible (voir la figure 10).

Une fois la sélection des deux points réalisés, une fenêtre affichera les longueurs des lignes micro-ruban utilisées afin de réaliser l'adaptation du transistor aux deux portes, d'entrée et de sortie.

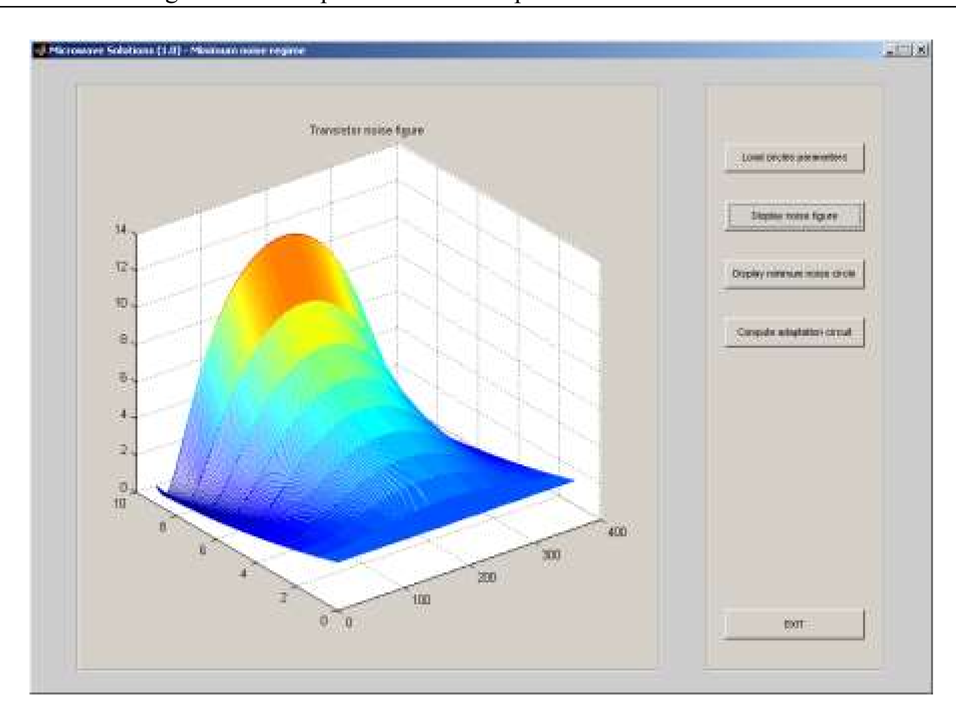


Figure 9.a Affichage du facteur de bruit du transistor HP-ATF 10236a à la fréquence de 4 GHz

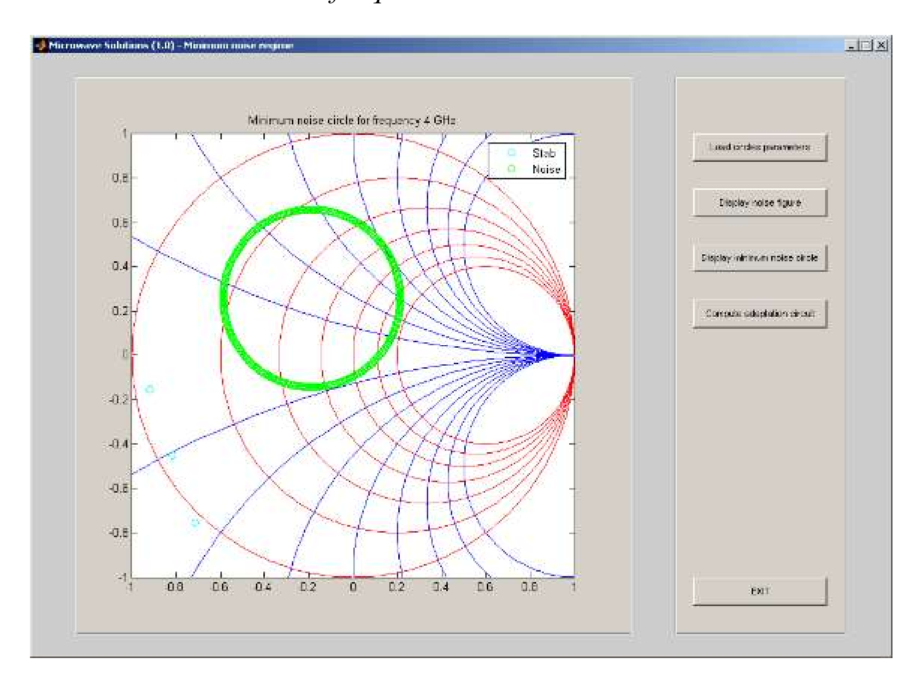


Figure 9.b Affichage du facteur de bruit de son cercle de bruit minimal à la fréquence de 4 GHz

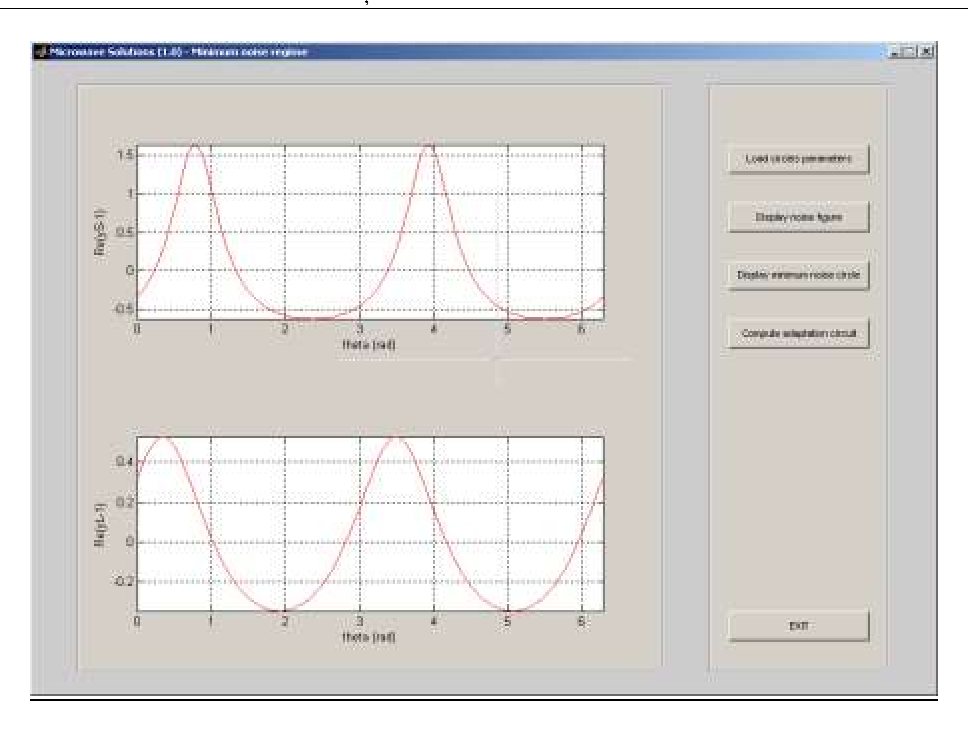


Figure 10 Sélection interactive des points d'impédance normalisée unitaire pour l'adaptation du circuit

VIII. Remarques finales

Les avantages du progiciel interactif Matlab « Microwave Solutions » résident principalement dans sa conception en tant qu'implémentation modulaire qui permet une extension facile grâce à l'intégration future d'autres composants du programme pour le calcul de divers paramètres des circuits micro-ondes.

En même temps, le progiciel Matlab actuel pour le calcul des paramètres du champ électromagnétique et des circuits micro-ondes lance un défi et une invitation adressés en particulier aux étudiants, aux étudiants en master et aux doctorants intéressés par les applications et l'enseignement des micro-ondes pour élargir la suite de ces programmes.

R É F É R E N C E S

[1] Schulz N., Bierwirth K., Arndt F., Koster U., Finite-Difference Method without Spurious Solutions for the Hybrid-Mode Analysis of Diffused Channel Waveguide Structure, IEEE TMTT, vol. 38, pp.722÷729, June 1990

[2] Patrick S., Webb K., A Variational Vector Finite Difference Analysis for Dielectric Waveguides, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 40, pp. 692÷698, Apr. 1992

[3] Lojewski G., Microwave Devices and Circuits, Technical Publishing House, Bucharest, 2005, ISBN 973-31-2263-7

[4] Crisan N., Antennas and Circuits for Microwaves, Risoprint Publishing House, 2008, ISBN 978-973-751-867-5

[5] Iordăchescu G-A, Microwaves: Theory and Applications, Publishing House of the University of Pitesti, 2018, ISBN 978-606-560-595-4

[6] Cantaragiu S., Analysis of shielded microstrip lines by finite-difference method | IEEE Conference Publication | IEEE Xplore, Proceedings of ICECS '99, pages 565-567, 1999/9/5

[7] Cantaragiu Ş., Circuite de microunde - metode numerice de calcul, Editura All Educational, Bucureşti, pag. 1-195, ISBN 973-684-165-0, 2000

[8] Coman C.I., Lager I.E., Ligthart L.P., Cantaragiu S. and Szilagyi A., The Effect of Mutual Coupling in Smart Antenna for Electronic Warfare Applications, NATO IST/SET Symposium, Chester, UK, 7-8 April 2003

[9] Cantaragiu Ş., Microunde Soluţii Numerice – Micro-ondes Solutions Numeriques, Publisher: Academy of Romanian Scientists (Academia Oamenilor de Ştiinţă din România), Editor: Academy of Romanian Scientists, ISBN: 978-630-6518-20-3; 978-973-31-2411-5, DOI: 10.56082/9786306518203, September 2023

[10] Cantaragiu S., The Study of the Electromagnetic Field from the Shielded Microstrip Line Using the Electrodynamic Method, Annals of the Academy of Romanian Scientists, Seria Ştiinţa şi Tehnologia Informaţiei, Online ISSN 2066 – 8562, Volume 16, Number 1-2/2023, DOI 10.56082/annalsarsciinfo.2023.1-2.36

[11] Cantaragiu S., Etude du Champ Electromagnetique dans la Ligne Micro-Ruban Blindée en Utilisant la Methode des Differences Finies, Annals of the Academy of Romanian Scientists, Seria Ştiinţa şi Tehnologia Informaţiei, Online ISSN 2066 – 8562, Volume 17, Number 1/2024, DOI 10.56082/annalsarsciinfo.2024.1.15

[12] Cantaragiu S., Microwave Numerical Solutions | SpringerLink, DOI: 10.1007/978-3-031-61209-1, ISBN: 978-3-031-61208-4, June 2024.